

Requested Patent: JP3048122A  
Title: OPTICAL ENCODER ;  
Abstracted Patent: US5068530 ;  
Publication Date: 1991-11-26 ;  
Inventor(s): IEKI ATSUSHI (JP); MATSUI KEIJI (JP) ;  
Applicant(s): OKUMA MACHINERY WORKS LTD (JP) ;  
Application Number: US19900552929 19900713 ;  
Priority Number(s): JP19890183871 19890717 ;  
IPC Classification: H01J3/14 ; H01J5/16 ; H01J40/14 ;  
Equivalents: JP2539269B2

**ABSTRACT:**

An optical encoder of the present invention includes a first diffraction grating and a second diffraction grating which is displaceable relative to the first diffraction grating to detect the relative displacement. The second diffraction grating has a grating pattern which removes a component having a period which is a factor of  $1/n$  ( $n$ : a positive odd number) of the period of a displacement signal representing the relative displacement. In the optical encoder according to the present invention, higher harmonic components are cancelled by adding the amounts of light which passes through the grating portions whose phase differs by a predetermined distance. Consequently, a non-distorted displacement signal can be obtained.

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-48122

⑤ Int. Cl.<sup>9</sup>

G 01 D 5/36

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)3月1日

S  
W7015-2F  
7015-2F

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全8頁)

⑭ 発明の名称 光学式エンコーダ

⑯ 特 願 平1-183871

⑰ 出 願 平1(1989)7月17日

⑱ 発 明 者 家 城 淳 愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の1 株式会社大隅鐵工所内

⑲ 発 明 者 松 井 圭 司 愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の1 株式会社大隅鐵工所内

⑳ 出 願 人 株式会社大隅鐵工所 愛知県名古屋市北区辻町1丁目32番地

㉑ 代 理 人 弁理士 安形 雄三

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光学式エンコーダ

## 2. 特許請求の範囲

1. 第1の回折格子と、この第1の回折格子と相対変位する第2の回折格子とを有し、前記相対変位を検出する光学式エンコーダにおいて、前記第2の回折格子に前記相対変位の変位倍周期の  $1/n$  ( $n$  は正の奇数) 倍の周期成分を除去する格子パターンが設けられていることを特徴とする光学式エンコーダ。

2. 前記第2の回折格子に設けられている格子パターンが2つの格子部で成り、これら格子部相互の位相を前記第1の回折格子のピッチの  $1/6$  ずらせた請求項1に記載の光学式エンコーダ。

3. 前記2つの格子部を透過又は反射した光と一緒に光電変換する手段が設けられた請求項2

に記載の光学式エンコーダ。

4. 前記第2の回折格子に設けられている格子パターンが4つの格子部で成り、これら格子部は、位相が基準となる格子部と、この基準格子部に対して格子部の位相をそれぞれ前記第1の回折格子のピッチの  $1/6, 1/10, 4/15$  づつずらせた格子部とを有する請求項1に記載の光学式エンコーダ。

5. 前記4つの格子部を透過又は反射した光と一緒に光電変換する手段が設けられた請求項4に記載の光学式エンコーダ。

6. 前記第2の回折格子に設けられている格子パターンは、基準位相となる光の透過部と、この透過部に対して位相が前記第1の回折格子のピッチの  $1/6$  ずれている光の透過部とが1組となり、これらが前記第1の回折格子のピッチの2倍の周期で繰返されている請求項1に記載の光学式エンコーダ。

7. 前記第2の回折格子に設けられている格子パターンは、基準位相となる光の透過部と、こ

の透過部に対して位相が前記第1の回折格子のピッチの $1/6, 1/10, 4/15$ それぞれずれている光の透過部とが1組となり、これらが前記第1の回折格子のピッチの4倍の周期で繰返されている請求項1に記載の光学式エンコーダ。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、工作機械や半導体製造装置の位置計測に利用される光学式エンコーダに関する。

#### (従来の技術)

第11図は従来の光学式エンコーダの一例を示す斜視構造図であり、第1の回折格子(以下、第1格子という)1に対して図示矢印方向に相対移動する第2の回折格子(以下、第2格子という)2が第1格子1の後方に配置され、光電変換素子3が第2格子2の後方に配置されている。第1格子1及び第2格子2には、光を透過させる部分(以下、透過部という)及び透過させない部分(以下、非透過部という)が所定の長さ(以下、格子

が変化すると第12図に示すように大きく変動してしまう。この歪率の変動は主に変位信号に含まれる変位信号周期の $1/3$ 倍の周期信号や $1/5$ 倍の周期信号(以下、3次高調波成分、5次高調波成分という)によるものである。従って、このような変位信号を利用して求めた位置検出値は大きな誤差を伴っていた。また、この誤差を小さくするには第1格子1と第2格子2との間隔を一定にすれば良いが、非常に厳しい取付精度が要求されるという問題があった。

本発明は上述した事情から成されたものであり、本発明の目的は、歪の少ない変位信号を安定して出力することができる光学式エンコーダを提供することにある。

#### (課題を解決するための手段)

本発明は、第1の回折格子と、この第1の回折格子と相対変位する第2の回折格子とを有し、前記相対変位を検出する光学式エンコーダに関するものであり、本発明の上記目的は、前記第2の回折格子に前記相対変位の変位信号周期の $1/n$  ( $n$

ピッチという)で繰返されている格子部が設けられている。

このような構成において、平行光束を第1格子に照射すると、第1格子1及び第2格子2を透過した光が光電変換素子3に入射する。そして、光電変換素子3は入射光をその光強度に応じた電気信号に変換して出力する。この電気信号は、第1格子1と第2格子2との相対変位によって第1格子1及び第2格子2を透過する光量に変化することにより得られるものであり、その周期が格子ピッチの変位信号である。また、この変位信号は、本来第1格子1と第2格子2との重なり具合により発光側から見た未掛け上の透過部の変化に比例した三角波信号となるはずであるが、実際には光の回折等により三角波が鈍って疑似正弦波となっている。そして、この疑似正弦波を変位信号に利用して位置検出が行なわれている。

#### (発明が解決しようとする課題)

上述した従来の光学式エンコーダで得られる変位信号の歪率は第1格子1と第2格子2との間隔

は正の奇数倍の周期成分を除去する格子パターンを設けることによって達成される。

#### (作用)

本発明の光学式エンコーダは、所定幅ずらした格子部を透過した光量を加算することにより高周波成分を打消すようにしているので、歪のない良好な変位信号を得ることができる。

#### (実施例)

第1図は本発明の光学式エンコーダの一例を第11図に対応させて示す斜視構造図であり、同一構成箇所は同符号を付して説明を省略する。この光学式エンコーダは第2格子2に設けられている格子部が従来の光学式エンコーダと異なり、第2図に示すように数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ のピッチPで繰返す透過部(図示斜線部)と非透過部とで成る格子部2A及び2Bが移動方向と直交する方向に隣接し、かつ位相を $P/8$ ずらせて設けられている。

このような構成において、例えば格子部2Aを透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_A(x)$ をその主成分である基本波成分と3次高周波成分に着

目して示すと次式(1)となる。

$$I_A(x) = a \sin(2\pi x/P) \pm A \sin(3 \cdot 2\pi x/P) + B \\ \dots \dots (1)$$

これに対して格子部2Bを透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_B(x)$ は格子部2Bが格子部2Aに対して $P/6$ 位相がずれているので次式(2)となる。

$$I_B(x) = a \sin(2\pi (x/P + 1/6)) \\ \pm A \sin(3 \cdot 2\pi (x/P + 1/6)) \\ - a \sin(2\pi x/P + \pi/3) \\ \pm A \sin(3 \cdot 2\pi x/P + \pi) \dots \dots (2)$$

従って、格子部2Aと格子部2Bとを同面積にして同光量が透過するようにし、各格子部2A及び2Bを透過して来た光をまとめて光電変換するようにすれば各光量を加算したことになり、3次高調波成分が相殺されて第10図に示すような精度の高い変

位信号を得ることができる。

このような構成において、例えば格子部2Eを透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_E(x)$ をその主成分である基本波成分と3次高調波成分と5次高調波成分に着目して示すと次式(3)となる。

$$I_E(x) = a \sin(2\pi x/P) \pm A_3 \sin(3 \cdot 2\pi x/P) \\ \pm A_5 \sin(5 \cdot 2\pi x/P) + B \dots \dots (3)$$

これに対して各格子部2F、2G、2Hを透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_F(x)$ 、 $I_G(x)$ 、 $I_H(x)$ は各格子部2F、2G、2Hが格子部2Eに対してそれぞれ $P/6$ 、 $P/10$ 、 $4P/15$ 位相がずれているので次式(4)、(5)、(6)となる。

位信号を得ることができる。

第3図は本発明の光学式エンコーダの第2の実施例を第1図に対応させて示す斜視構造図であり、同一構成箇所は同符号を付して説明を省略する。この光学式エンコーダは第4図に示すように数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ のピッチPで繰返す透過部(図示斜線部)と非透過部とで成る同面積の格子部2A及び2Bが移動方向に隣接し、かつ位相を $P/6$ ずらして設けられている。

このような構成においても、第1の実施例で述べた理由により同様の効果を呈する。

第5図は本発明の光学式エンコーダの第3の実施例を第1図に対応させて示す斜視構造図であり、同一構成箇所は同符号を付して説明を省略する。この光学式エンコーダは第6図に示すように数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ のピッチPで繰返す透過部(図示斜線部)と非透過部とで成る格子部2E、2F、2G、2Hが田の字状に配設されている。そして、格子部2F、2G、2Hは格子部2Eを基準とするとそれぞれの位相が $P/6$ 、 $P/10$ 、 $4P/15$ ずれている。

$$I_F(x) = a \sin(2\pi (x/P + 1/6)) \\ \pm A_3 \sin(3 \cdot 2\pi (x/P + 1/6)) \\ \pm A_5 \sin(5 \cdot 2\pi (x/P + 1/6)) \\ - a \sin(2\pi x/P + \pi/3) \\ \pm A_3 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + \pi) \\ \pm A_5 \sin(5 \cdot 2\pi x/P + 5\pi/3) \\ \dots \dots (4)$$

$$I_G(x) = a \sin(2\pi (x/P + 1/10)) \\ \pm A_3 \sin(3 \cdot 2\pi (x/P + 1/10)) \\ \pm A_5 \sin(5 \cdot 2\pi (x/P + 1/10)) \\ - a \sin(2\pi x/P + \pi/5) \\ \pm A_3 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + 3\pi/5) \\ \pm A_5 \sin(5 \cdot 2\pi x/P + \pi) \\ \dots \dots (5)$$

$$\begin{aligned}
I_n(x) = & a \sin(2\pi(x/P + 4/15)) \\
& \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi(x/P + 4/15)) \\
& \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi(x/P + 4/15)) \\
& - a \sin(2\pi x/P + 8\pi/15) \\
& \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + 24\pi/15) \\
& \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi x/P + 8\pi/3) \\
& \dots \dots \dots (6)
\end{aligned}$$

従って、各格子部2E, 2F, 2G, 2Hを同面積にして同光量が透過するようにし、各格子部2E, 2F, 2G, 2Hを透過して来た光をまとめて光電変換するようにすれば各光量を加算したことになり、3次高調波成分及び5次高調波成分が相殺されてさらに精度の高い変位信号を得ることができる。

第7図は本発明の光学式エンコーダの第4の実施例を第1図に対応させて示す斜視構造図であり、同一構成箇所は同符号を付して説明を省略する。この光学式エンコーダは第8又は第9図に示す格子部が設けられている。

第8図に示す格子部は、数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ の

$$\begin{aligned}
I_{a'}(x) = & a \sin(2\pi(x/P + 1/6)) \\
& \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi(x/P + 1/6)) + B \\
& - a \sin(2\pi x/P + \pi/3) \\
& \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + \pi) + B \dots \dots (8)
\end{aligned}$$

従って、透過部2A'と透過部2B'とを同面積にし、かつ各格子数を同数にして同光量が透過するようにし、各透過部2A'及び2B'を透過して来た光をまとめて光電変換するようにすれば各光量を加算したことになり、3次高調波成分が相殺されて第10図に示すような精度の高い変位信号を得ることができる。

第9図に示す格子部は、数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ のピッチ4Pで繰返す透過部(図示斜線部)2E'と、この透過部2E'を構成する各格子間に配設され、この透過部2E'からP+P/8, 2P+P/10, 3P+4P/15ずれた位置にそれぞれ配設された透過部2F', 2G', 2H'とが設けられている。

このような構成において、例えば透過部2E'を透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_{e'}(x)$ を

ピッチ2Pで繰返す透過部(図示斜線部)2A'と、この透過部2A'を構成する各格子間に配設され、この透過部2A'からP+P/6ずれた位置に配設された透過部2B'とが設けられている。

このような構成において、例えば透過部2A'を透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_{A'}(x)$ をその主成分である基本波成分と3次高調波成分に着目して示すと次式(7)となる。

$$\begin{aligned}
I_{A'}(x) = & a \sin(2\pi x/P) \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P) + B \\
& \dots \dots (7)
\end{aligned}$$

これに対して透過部2B'を透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_{B'}(x)$ は透過部2B'が透過部2A'に対して位相がP/6ずれているので次式(8)となる。

その主成分である基本波成分と3次高調波成分と5次高調波成分に着目して示すと次式(9)となる。

$$\begin{aligned}
I_{B'}(x) = & a \sin(2\pi x/P) \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P) \\
& \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi x/P) + B \dots \dots (9)
\end{aligned}$$

これに対して各透過部2F', 2G', 2H'を透過して来た光量の変化、即ち変位信号 $I_{F'}(x)$ ,  $I_{G'}(x)$ ,  $I_{H'}(x)$ は各透過部2F', 2G', 2H'が透過部2E'に対してそれぞれP/8, P/10, 4P/15位相がずれているので次式(10), (11), (12)となる。

$$\begin{aligned}
I_{F'}(x) = & a \sin(2\pi(x/P + 1/6)) \\
& \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi(x/P + 1/6)) \\
& \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi(x/P + 1/6)) \\
& - a \sin(2\pi x/P + \pi/3) \\
& \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + \pi) \\
& \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi x/P + 5\pi/3) \\
& \dots \dots \dots (10)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{0\cdot}(x) &= a \sin(2\pi(x/P+1/10)) \\
 &\quad \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi(x/P+1/10)) \\
 &\quad \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi(x/P+1/10)) \\
 &\quad - a \sin(2\pi x/P + \pi/5) \\
 &\quad \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + 3\pi/5) \\
 &\quad \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi x/P + \pi) \\
 &\quad \dots \dots \dots (11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{0\cdot}(x) &= a \sin(2\pi(x/P+4/15)) \\
 &\quad \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi(x/P+4/15)) \\
 &\quad \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi(x/P+4/15)) \\
 &\quad - a \sin(2\pi x/P + 8\pi/15) \\
 &\quad \pm A_2 \sin(3 \cdot 2\pi x/P + 24\pi/15) \\
 &\quad \pm A_3 \sin(5 \cdot 2\pi x/P + 8\pi/3) \\
 &\quad \dots \dots \dots (12)
 \end{aligned}$$

従って、各透過部 $2E'$ 、 $2F'$ 、 $2G'$ 、 $2H'$ を同面積にし、かつ各格子数を同数にして同光量が透過するようにし、各透過部 $2E'$ 、 $2F'$ 、 $2G'$ 、 $2H'$ を透過して来た光をまとめて光電変換するようにすれば各光量を加算したことになり、3次高調波成分及び5

り効果的である。また、透過部の形状を三角形状や五角以上の多角形状、又は円や楕円若しくは双曲線等の曲線で構成し、これらの位相を操作するようにしても同様の効果を呈する。

#### (発明の効果)

以上のように、本発明の光学式エンコーダによれば、誤差成分を取除いて高精度の位置検出を行なうことができるので、例えば工作機械において精度の高い加工を容易に行なうことが可能となり、生産効率の向上を図ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の光学式エンコーダの第1の実施例を示す斜視構造図、第2図はその格子部の一例を示す図、第3図は本発明の光学式エンコーダの第2の実施例を示す斜視構造図、第4図はその格子部の一例を示す図、第5図は本発明の光学式エンコーダの第3の実施例を示す斜視構造図、第6図はその格子部の一例を示す図、第7図は本発明の光学式エンコーダの第4の実施例を示す斜視

次高調波成分が相殺されてさらに精度の高い変位信号を得ることができる。そして、複数の位相の透過部が1つの格子内に均等に配置されているので、光の強度分布が均一でなくても常に高精度の変位信号を得ることができる。

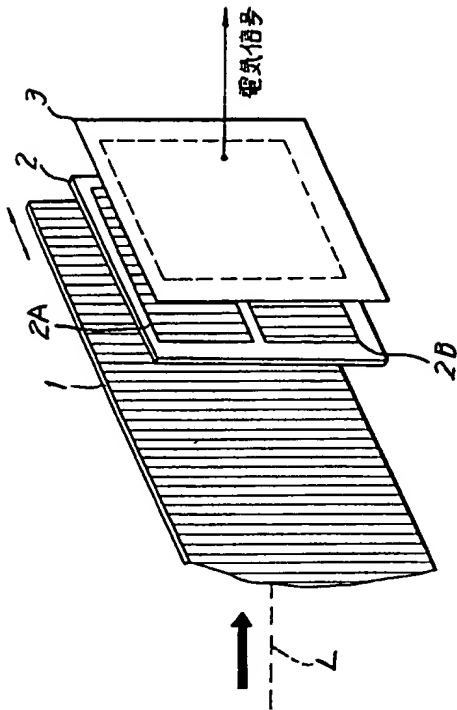
なお、上述した第4の実施例では位相のずれを $P/6$ 等としたが、例えば $-P/6 \rightarrow 0 \rightarrow +P/6$ というずれが繰返されるようにしても同様の効果を呈する。

上述した各実施例においては、3次高調波成分や5次高調波成分を除去することを示したが、7次高調波成分、9次高調波成分、…等を除去することも可能である。また、各格子部を透過する光を同一の光電変換素子で受光することにより加算効果を得るようにしたが、個別の光電変換素子で受光した後に電気的手段で加算するようにしても良い。この場合、加算する光量の割合を調節するための電気的機構（例えば加算手段の前に設けられた加算比率調節手段）や光学的機構（例えば各格子部に設置された可動遮蔽板）を付加すればよ

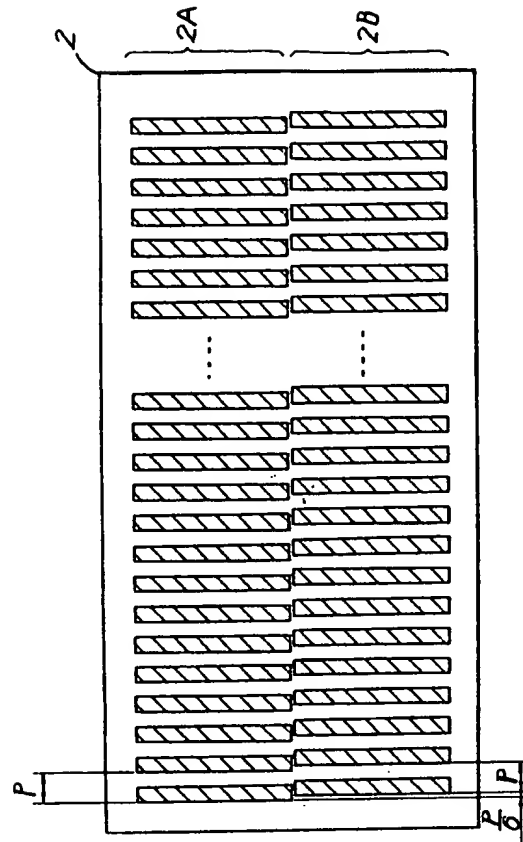
構造図、第8図及び第9図はその格子部の一例を示す図、第10図は本発明の光学式エンコーダによる出力波形の一例を示す特性図、第11図は従来の光学式エンコーダの一例を示す斜視構造図、第12図はそれによる出力波形の一例を示す特性図である。

1…第1格子、2…第2格子、 $2A$ 、 $2B$ 、 $2C$ 、 $2D$ 、 $2E$ 、 $2F$ 、 $2G$ 、 $2H$ 、 $2A'$ 、 $2B'$ 、 $2E'$ 、 $2F'$ 、 $2G'$ 、 $2H'$ 、…格子部、3…光電変換素子。

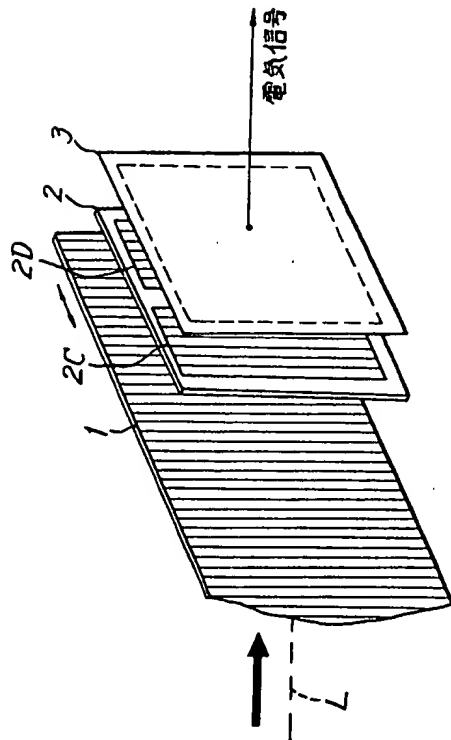
出願人代理人 安形 雄三



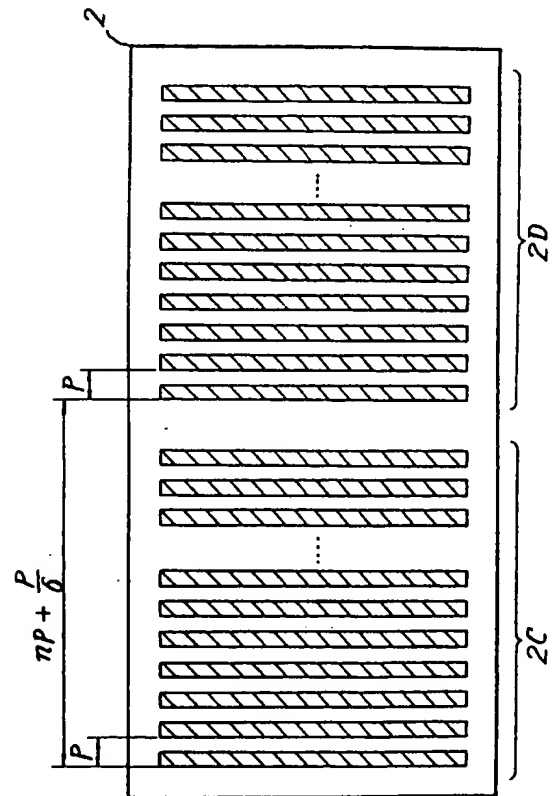
第 1 図



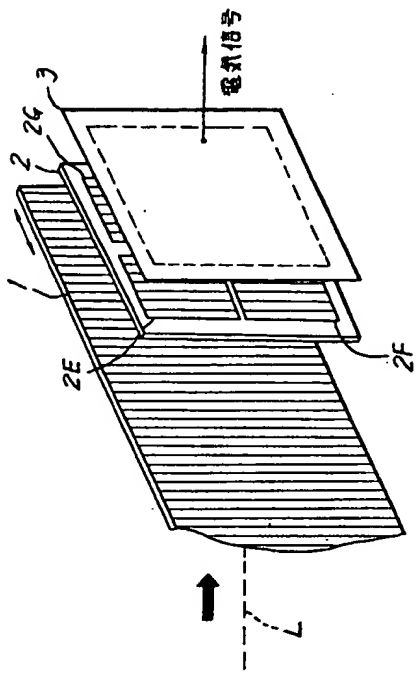
第 2 図



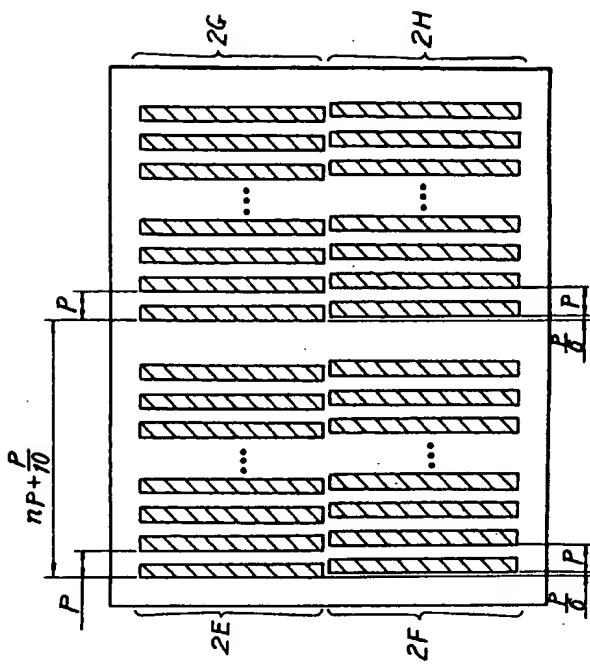
第 3 図



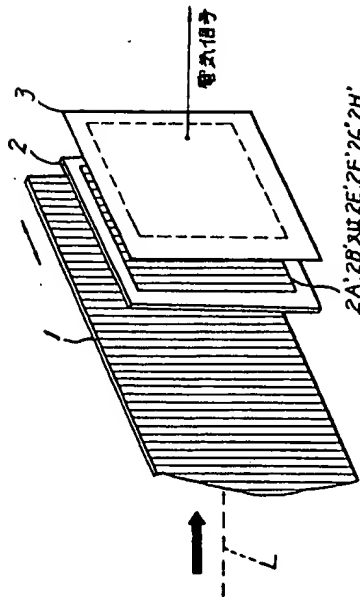
第 4 図



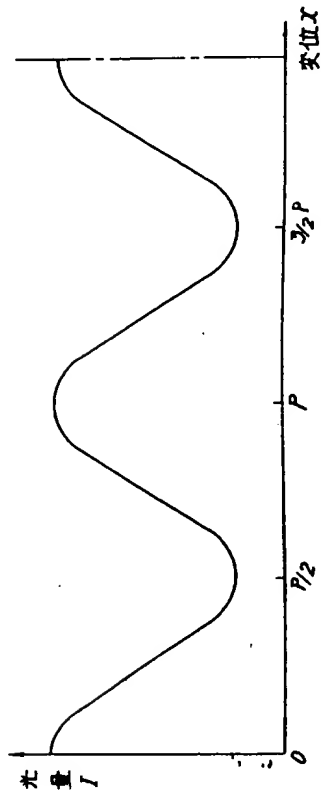
第 5 図



第 6 図

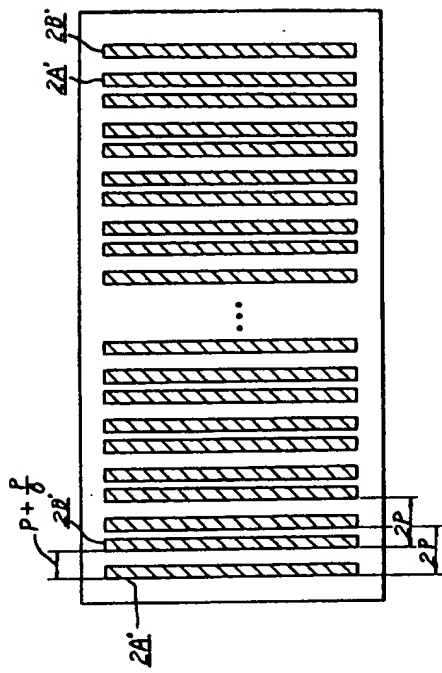


第 7 図



第 10 図





五八

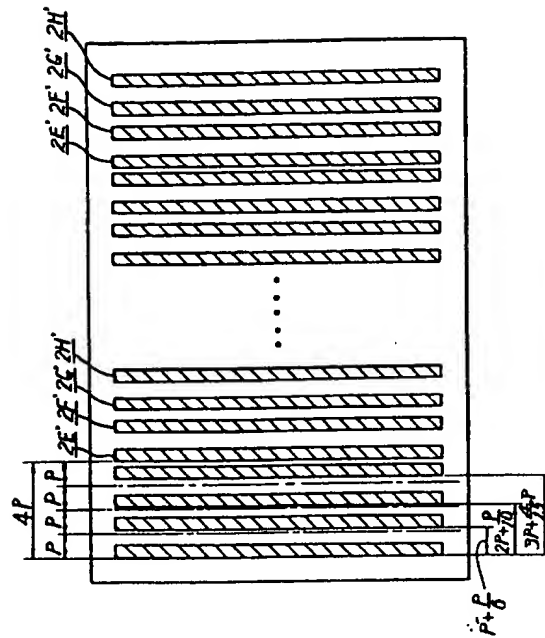
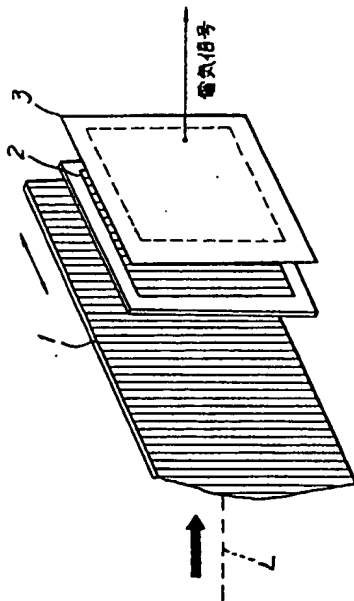
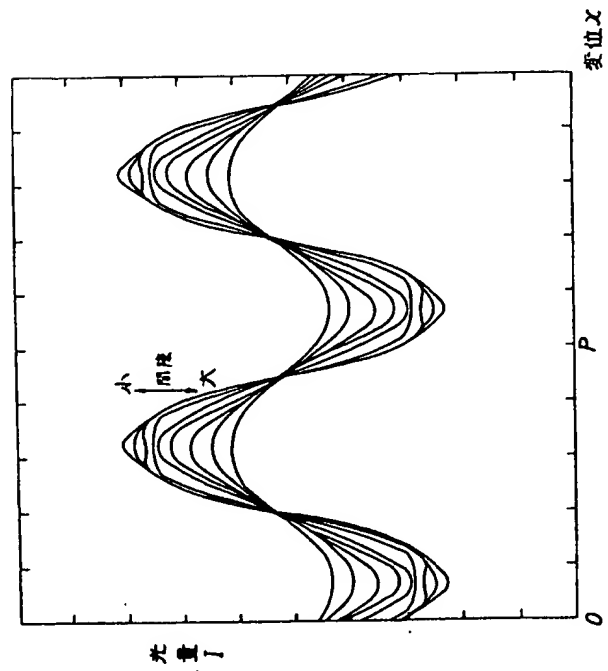


圖 9



第二



第 12 圖